



## **Analyse af det bedst egnede eksisterende udstyr til brug for restaureringsopgaver på højmoser**

Theilby, Frans

*Publication date:*  
2008

*Document version*  
Også kaldet Forlagets PDF

*Citation for published version (APA):*  
Theilby, F. (2008). *Analyse af det bedst egnede eksisterende udstyr til brug for restaureringsopgaver på højmoser*. Museum Tusculanum.



# Analyse af det bedst egnede eksisterende udstyr til brug for restaureringsopgaver på højmoser

ARBEJDSRAPPORT SKOV & LANDSKAB

44 / 2008



Produceret med støtte fra Det Europæiske Fællesskabs finansielle instrument: LIFE



Frans Theilby



**Rapportens titel**

Analyse af det bedst egnede eksisterende udstyr  
til brug for restaureringsopgaver på højmoser

**Forfatter**

Frans Theilby

**Serie**

Arbejdsrapport Skov & Landskab nr. 44-2008

Rapporten publiceres udelukkende elektronisk på [www.sl.life.ku.dk](http://www.sl.life.ku.dk)

**ISBN**

978-87-7903-352-8

**Dtp**

Karin Kristensen

**Udgiver**

Skov & Landskab  
Københavns Universitet  
Hørsholm Kongevej 11  
2970 Hørsholm  
Tlf. 3533 1500  
[sl@life.ku.dk](mailto:sl@life.ku.dk)

**Bedes citeret**

Frans Theilby, 2008: Analyse af det bedst egnede eksisterende udstyr til  
brug for restaureringsopgaver på højmoser. Arbejdsrapport Skov & Land-  
skab nr. 44-2008. Skov & Landskab, Københavns Universitet, Hørsholm

**Finansiering**

Finansieret af Skov- og Naturstyrelsen med støtte fra Det Europæiske  
Fællesskabs finansielle instrument: LIFE

**Gengivelse er tilladt med tydelig kildeangivelse**

I salgs- eller reklameøjemed er eftertryk og citering af rapporten samt  
anvendelse af navnet Skov & Landskab kun tilladt efter skriftlig tilladelse

Nationalt center for  
forskning, uddannelse  
og rådgivning i skov  
og skovprodukter,  
landskabsarkitektur og  
landskabsforvaltning,  
byplanlægning og  
bydesign

# Forord

Arbejdsrapporten er udarbejdet som en rekvireret opgave for Skov- og Naturstyrelsen i forbindelse med LIFE højmoseprojektet: LIFE05 NAT/DK/000150.

Opgaven var defineret som en analyse af det bedst egnede eksisterende udstyr til brug for restaureringsopgaver på højmoser, herunder erfaringsopsamling fra tidligere LIFE-projekter med anvendelse af maskiner med lavt marktryk. Desuden indgik som en del af opgaven, at se på udvikling og test af maskiner og metoder, som ikke tidligere var anvendt i vådområder med henblik på at optimere rydning af trævækst på højmoser. Både førstegangstrydning og rydning af genvækst indgik i opgaven.

Den foreliggende rapport er således udarbejdet med baggrund i litteraturundersøgelser og kontakt til en række udenlandske maskinproducenter og projektledere. Undersøgelsen af de danske løsningsmodeller er sket med stor hjælp fra medarbejdere hos HedeDanmark, De Danske Skovdyrkerforeninger, Skov- og Naturstyrelsen samt nogle private skoventreprenører.

Udarbejdelsen af rapporten har dels afdækket den eksisterende viden på området; men også vist en øget interesse flere steder i verden for systemer, hvor træerne løftes helt eller delvist fri af underlaget for at undgå/reducere vegetationsskader. Specielt udviklingen af nye typer af kabelkransystemer med forbedret effektivitet vil kunne vise sig interessant under danske forhold i fremtiden.

Stor tak til alle som har bidraget med viden til rapporten og et ønske om, at alle der kan bidrage med yderligere viden eller gode ideer nu eller i fremtiden vil kontakte undertegnede.

*Frans Theilby*



# Indhold

<b>Forord</b>	<b>3</b>
<b>Indhold</b>	<b>5</b>
<b>1. Introduktion</b>	<b>7</b>
<b>2. Resumé</b>	<b>8</b>
<b>Summary</b>	<b>9</b>
<b>3. Erfaringsopsamling vedr. førstegangsrydning</b>	<b>10</b>
3.1 Erfaringer med kabelkraner	10
3.2 Erfaringer med helikoptere og ballonsystemer	11
3.3 Erfaringer med amfibiekøretøjer	11
3.4 Erfaringer med småmaskiner	12
3.5 Erfaringer med bæltmaskiner	13
3.6 Erfaringer med små udkørselstraktorer	15
3.7 Erfaringer med speciel hjuludrustning og gravemaskiner	15
3.8 Erfaringer med stabilisering af køreunderlag	16
<b>4. Erfaringsopsamling vedr. rydning af genvækst</b>	<b>18</b>
4.1 Manuelle løsninger	18
4.2 Maskinelle løsninger	19
4.3 Kemiske løsninger	20
4.4 Afgræsning	20
<b>5. Danske løsningsmodeller</b>	<b>21</b>
5.1 Førstegangsrydning	21
5.2 Rydning af genvækst	23
<b>6. anbefalinger</b>	<b>27</b>
6.1 Førstegangsrydning	27
6.2 Rydning af genvækst	28
<b>7. Litteraturhenviisning</b>	<b>30</b>



# 1. Introduktion

I forbindelse med en analyse af det bedst egnede udstyr til brug for restaureringsopgaver på højmoser vil det primære parameter være udstyrets marktryk.

I Skov- og Naturstyrelsens udbudsmateriale for arbejde med maskiner på Styrelsens arealer angives sædvanligvis nogle værdier for forskellige jordbundstypers bæreevne og tilsvarende en enkel beregningsmetode for udstyrets statiske marktryk.

De angivne værdier for jordbundens bæreevne er hentet fra den svenske bog »Terränmaskinen 2« og er fremkommet ved laboratorieforsøg, hvor man har undersøgt forskellige jordmaterialers deformation ved trykbelastning. Værdierne er udtryk for de belastninger, hvor der optræder en ubetydelig deformation i rene materialer.

Jordbundens bæreevne vil variere afhængig af forskellige forhold som vegetation, komprimering, rødder og temperatur. Bæreevnen for skovbevokset tør tørvejord angives således at være 40-70 kPa; mens den for fugtig ubevokset tørvejord falder til 10-40 kPa. – Specielt for tørvemoser gør det sig gældende, at det øverste vegetationslag kan have en højere bæreevne end de underliggende lag, hvilket kan medføre særdeles farlige situationer i tilfælde af »gennemkøring«.

For at mindske skaderne på jordbunden anbefaler Styrelsen at maskinernes marktryk under alle forhold skal være lavere end den aktuelle jordbunds bæreevne. For tør tørvejord er største anbefalede statiske marktryk således 50 kPa med en anbefaling om at anvende særlig hjuludrustning som f. eks bælter. For fugtig eller våd tørvejord er ikke angivet nogen værdier.

Ved beregning af udstyrets statiske marktryk tages udgangspunkt i maskines samlede vægt inkl. læs divideret med den samlede bæreflade. I praksis viser det sig, at det beregnede gennemsnitlige statiske marktryk ofte er højere på grund af vægtfordelingen mellem for og bag på maskinen samt dynamiske påvirkninger under arbejdet i terrænet. Derfor anbefaler Styrelsen, at det beregnede gennemsnitlige statiske marktryk bør være lavere end det anbefalede største marktryk for de forskellige jordbundstyper.

Det indebærer i praksis, at alt udstyr på højmoser bør have et beregnet statisk marktryk på under 50 kPa. – Til sammenligning kan anføres, at marktrykket for en normal person er 25-30 kPa.

I et projekt fra 2002 »Development of a Protocol for Ecoefficient Wood Harvesting on Sensitive Sites« (ECOWOOD) [www.ucd.ie/~foresteng](http://www.ucd.ie/~foresteng) blev udviklet et terrænklassifikationssystem, hvor det anbefalede marktryk for fugtige/våde tørvejorder sættes til 20-40 kPa. Drejer det sig om meget våde tørvejorder anbefales marktryk på 0-20 kPa. Sammenfattende betegnes jorder med bæreevne under 40 kPa i dette klassifikationsskema som vanskeligt terræn med ringe bæreevne og behov for specialmaskiner med henblik på at effektivisere arbejdsoperationerne.

Med baggrund i ovenstående er i den følgende gennemgang af udstyr til restaureringsopgaver på højmoser valgt at se bort fra udstyr med et statisk marktryk på  $> 40$  kPa.

I den følgende sammenstilling i figur 1 er det tekniske udstyr opdelt efter det beregnede statiske marktryk, og i den efterfølgende gennemgang i afsnit 3, 4 og 5 er erfaringsmateriale med dette udstyr fra hidtidige projekter belyst.



Statisk marktryk kPa	Teknisk udstyr	Kommentarer
0-10	Kabelkraner (Timbermaster, Ritter, m.fl.) Helikoptere Amfibiekøretøjer (Buffalo, Scot-track, Argo, Seiga) .	Se afsnit 3.1 Se afsnit 3.2 Se afsnit 3.3
10-20	Småmaskiner (ATV, Oxen, Jernhest) Bæltemaskiner (Pistenbully, Marooka, Loglogic) Gravemaskiner på køreplader	Se afsnit 3.4 Se afsnit 3.5 + 4.2 Se afsnit 3.8 + 4.2 + 5.1
20-30	Små udkørselstraktorer (Terri, Alstor, Vimek)	Se afsnit 3.6 + 4.2
30-40	Udkørselstraktorer med reduceret læs, bælter eller tvillinghjul	Se afsnit 3.7
>40	Traditionelle udkørselstraktorer Gravemaskiner	Se afsnit 3.7 Se afsnit 3.7

Figur 1. Statisk marktryk for forskelligt teknisk udstyr.

## 2. Resumé

I rapporten er taget udgangspunkt i terrænklassificeringsskemaet fra projektet ECO-WOOD, hvor det anbefalede statiske marktryk for maskiner på våde/fugtige tørvejorder sættes til 20-40 kPa og for meget våde tørvejorder til 0-20kPa. Erfaringer med maskiner/metoder er herefter gennemgået med henblik på at beskrive løsningsmuligheder, hvor det statiske marktryk er <40 kPa.

Der er indsamlet materiale til belysning af metoder til førstegangsrydning af trævækst på moser samt til rydning af genvækst på mose- og lavbundsarealer.

Vedr. førstegangsrydning har ikke været muligt eller realistisk at opstille egentlige økonomiberegninger for de forskellige metoder, da terrænforhold og vedmasse har varieret meget på de undersøgte arealer. De traditionelt anvendte metoder er gennemgået og desuden er beskrevet en nyudviklet metode fra HedeDanmark, hvor man anvender en gravemaskine, der bevæger sig rundt på mosearealet på en ø af medbragte køreplader. Metoden har vist sig effektiv og skånsom over for vegetationen.

I forbindelse med gennemgangen af det tekniske udstyr er anvist forskellige muligheder for at reducere det statiske marktryk og stabilisere køreunderlaget.

Vedr. rydning af genvækst er gennemgået forskellige metoder med angivelse af omkostninger, hvor det har været muligt at fremskaffe disse, og de er vurderet relevante. Specielt er her fokuseret på mekaniserede løsninger med bæltemaskiner med lavt marktryk, idet disse maskiner muliggør en intensiv indsats umiddelbart efter en rydning af trævækst, hvilket er afgørende for at kunne styre vegetationsudviklingen efterfølgende. Flishugning på selve mosearealet med bæltemaskiner frarådes på grund af lav præstation og høj investering.

Ved spredt opvækst på mosearealet er anbefalingen en traditionel indsats med småmaskiner evt. i kombination med større udkørselstraktorer med speciel hjuludrustning, hvor materialet ønskes bragt ud fra arealet.

Afslutningsvist er opstillet anbefalinger vedr. førstegangsrydninger og rydning af genvækst på mosearealer.

# Summary

The underlying rationale in this report takes departure in the terrain classification scheme developed in the ECOWOOD project. Here, the maximum recommended static ground pressure for machinery operating on bogs /peat lands of low bearing capacity is set at 20-40 kPa and on bogs/ peat lands of ultra-low bearing capacity at 0-20 kPa. The report is the result of a comprehensive analysis of machines, and the experiences gained in their application on such areas. These experiences are synthesised in highlighting the most feasible solutions, where the static ground pressure remains below 40 kPa.

The information analysed in this study revolves around systems used in the initial clearing of tree vegetation on bogs, as well as the clearing of natural regeneration on both mires and wetlands.

It wasn't possible to develop satisfactory economic models on the operations involving initial clearing, due to the significant variation in terrain and standing volume per hectare on the studied sites. Conventional methods of clearing the vegetation are discussed and an entirely new system developed by HedeDanmark, which includes an excavator operating from an island of steel plates, is described. This system has shown some promising results, being highly effective while only inflicting minimal impacts on the vegetation.

In the procedure evaluating the technical equipment, a number of options for reducing the static ground pressure and / or stabilising the substrate are suggested.

With regard to the clearing of regeneration, several methods and their economic parameters are discussed. Special emphasis has been placed on mechanised solutions with tracked machines and low ground pressure. Their ability to operate intensively on sites that have recently been cleared of tree growth is crucially to ensure a fast follow up on vegetation control. Chipping on the bog with specially developed, tracked chippers, is not considered feasible given the high investment cost and modest performance of these machines.

On bogs where only sparse or scattered islands of vegetation need to be controlled, conventional methods using small machines are recommended – possibly with the assistance of larger, specialised forwarders fitted with appropriate wheel tracks in cases where the material should be removed from the site.

Finally, a number of recommendations are made on the initial clearing of vegetation and the clearing of regeneration on bogs in general.

### 3. Erfaringsopsamling vedr. førstegangsrydning

Den følgende erfaringsopsamling fra forskellige udenlandske højmoseprojekter afgrænses til teknisk udstyr med et maksimalt statisk marktryk på 40 kPa samt projekter, hvor man har forsøgt at stabilisere køreunderlaget. Det er ikke muligt eller realistisk at opstille egentlige præstationstal eller økonomiberegninger for de forskellige metoder og udstyr, da terrænforhold, bevoksning og trævolumen har varieret meget på de undersøgte arealer.

I afsnit 5.1 beskrives en dansk model, som har vist sig effektiv og skånsom over for vegetationen, og i afsnit 6 bliver givet anbefalinger til løsningsmodeller – afhængig af de opgaver, der skal løses.

#### 3.1 Erfaringer med kabelkraner

Kabelkranløsninger indebærer, at træerne løftes helt eller delvist fri af underlaget, hvorved vegetationsskader undgås/reduceres.

Der findes kun få erfaringer med kabelkransystemer på blødbundsarealer, dels fordi brugen af kabelkraner hidtil har været forbundet med transport af træ under vanskelige forhold i meget kuperet (bjergrigt) terræn, og dels fordi omkostningerne til op sætning af systemet har været store. I forbindelse med rydning af trævækst i særligt følsomme områder, hvor markskader bør undgås eller jordbundens bæreevne er for ringe til traditionelt udstyr, har der imidlertid vist sig at være øget interesse for disse typer af systemer – se [www.fao.org/docrep/004/Y9351E/Y9351E00.HTM](http://www.fao.org/docrep/004/Y9351E/Y9351E00.HTM).

Et væsentligt problem omkring brugen af kabelkransystemer i mange lande er imidlertid, at der ikke findes tilstrækkelig viden og erfaring omkring brugen af disse systemer.

Fra Irland findes der en sammenstilling over brugen af kabelkransystemer og mulig anvendelse i følsomme områder med lav bæreevne. Tilsvarende har Forestry Commission for nylig sammenstillet eksisterende viden om forskellige systemer med baggrund i et norsk materiale fra 1985.

Med baggrund i ovenstående materiale kan det konstateres, at afhængig af trævolumen og transportafstand varierer de opnåede præstationer på blødbundsarealer fra ca. 1 til 5 m<sup>3</sup> i timen, svarende til omkostninger på 100-600 kr/m<sup>3</sup> for udtrækning af heltræer. Opstillingsomkostninger vejer meget tungt, og der er en klar tendens til, at omkostningerne falder ved store volumenudtag og lange kabellængder. En måde at reducere opstillingsomkostninger på er at foretage punktvisse afdrifter med sammenføring af heltræer til kabelkranen med småmaskiner eller spil og udsælbningsslæde på egnede steder i mosen..

Kabelkransystemerne har i den senere tid været under udvikling med henblik på at reducere tidsforbruget til opstilling og forbedre effektiviteten. Mindre kabelkransystemer bliver for øjeblikket testet i Tyskland og kan måske vise sig interessante til specialopgaver i Danmark.

## 3.2 Erfaringer med helikoptere og ballonsystemer

Erfaringerne med helikoptere er, at der på transportdelen kan opnås præstationsforøgelser på mellem 1,5 og 2,8 gange traditionelle præstationer med spil eller udkørsels-traktorerer. Transportomkostningerne forøges imidlertid fra 6 til 11 gange på grund af den høje omkostning på 7.000-10.000 kr./tim for helikopter og det involverede mandskab.

Brugen af helikoptere forudsætter grundig planlægning med forudgående sammenføring i passende læsstørrelser, så helikopterens kapacitet udnyttes fuldt ud ved hver flyvning med læs. Ovenstående præstationer refererer til amerikanske undersøgelser fra 2005, hvor man kun opnåede en udnyttelse af læskapaciteten 60 %. Da helikoptertransport indebærer nogle oplagte fordele i miljømæssig henseende med reduceret påvirkning af følsomme områder, blev der i forbindelse med samme undersøgelse simuleret forskellige scenarier med udnyttelsesgrader på op til 80 %. Til sammenligning blev ekstraomkostninger til stabilisering af køreunderlag indregnet i de traditionelle metoder.

Selv ved disse forskellige scenarier viste helikoptertransport sig 2-3 gange dyrere end de traditionelle metoder.

Brugen af ballonsystemer er under udvikling; men på nuværende tidspunkt findes ikke noget operationelt udstyr eller erfaringer, som kan indikere potentialet for denne type udstyr. Umiddelbart indebærer metoden store fordele; men lider af samme svaghed som kabelkransystemer, hvor opstillingsomkostningerne kommer til at belaste systemet uforholdsmæssigt. I forhold til helikoptertransport kræver brugen af balloner en langt lavere investering.

## 3.3 Erfaringer med amfibiekøretøjer

Køretøjer, der kan bevæge sig både i vand og på land med et statisk marktryk på  $< 10$  kPa er selvsagt interessante i forbindelse med arbejde på højmoser og lavbundsarealer.

Erfaringerne med disse køretøjer stammer overvejende fra USA og knytter sig primært til brugen af små amfibiekøretøjer som Argo Centaur [www.ARGOfarm.com](http://www.ARGOfarm.com), Scot-track [www.scot-track.co.uk](http://www.scot-track.co.uk) og Buffalo 850 [www.maxatvs.com](http://www.maxatvs.com). De anvendes primært som servicekøretøjer og har en lastekapacitet på op til 700 kg inkl. fører på land og ca. det halve i vand.

De er forsynet med 6-8 hjul og kan udstyres med bælter, hvorved de selv med fuld læs har et statisk marktryk på under 10 kPa. I Danmark har de mest været anvendt i landbruget til udbringning af kunstgødning på lavtliggende marker i våde perioder; men på højmoser med tørvegrave og spredt opvækst kunne brugen af disse køretøjer være aktuel.

I en engelsk højmose har været anvendt et tilsvarende køretøj »Supacat« [www.supacat.com](http://www.supacat.com) i kombination med manuel nedskæring til fjernelse af spredt birkeopvækst. Køretøjet er bygget til militært brug og har en lastekapacitet på 1 ton. Den kraftigere opbygning og større lastekapacitet i forhold til Argo og Buffalo medførte et statisk marktryk på 20-34 kPa og bevirkede, at den var hård ved vegetationen. Desuden havde man problemer med mange punkteringer og anbefalingen var derfor kun at anvende dette køretøj, hvor jordens bæreevne var tilstrækkelig og vegetationen ikke særlig følsom.



Figur 2. Scot-trac 2000 med tvillingmontage.



Figur 3. Argo med bælder.

Scot-track er ikke i standardudgaven et egentligt amfibiekøretøj, men kan monteres med opdrifttanke, som gør den i stand til at flyde. I forhold til Argo og Buffalo kan den forsynes med lift både for og bag og har desuden kraftudtag, som gør den anvendelig til en række plejeopgaver. Forsynet med tvillingmontage og fuldt læs (680kg) er det statiske marktryk blot 7,6 kPa.

I forbindelse med høstning af tagrør har firmaet JSP Maskinfabrik A/S i Hammel udviklet et amfibiekøretøj »Seiga« med specielt fremstillede lavtryksdæk og mulighed for tilkobling af forskellige hydraulisk drevne redskaber. I standardversionen er Seiga en 4-hjulet redskabsbærer med en lastekapacitet på 3,5 ton og et statisk marktryk på 10 kPa med fuldt læs. Erfaringerne med maskinen knytter sig mest til høstning af tagrør og vedligeholdelse af vådområder (se mere i afsnit 5.2). I forbindelse med førstegangstrydning på højmoser vurderes maskinens lavtryksdæk at være for følsomme over for punkteringer til, at den kan arbejde i terrænet. Som udkørselsmaskine af heltræer på egentlige køreveje i et moseområde er lastekapaciteten for lille til at maskinen er interessant.

### 3.4 Erfaringer med småmaskiner

Disse maskiner kan opdeles i små håndførte maskiner og ATV-maskiner. De håndførte maskiner som Jernhesten [www.lennartsfors.com](http://www.lennartsfors.com) og Oxen [www.myreback.com](http://www.myreback.com) benytter sig af en bæltdrevet enhed, hvorpå der kobles en tømmervogn. Marktrykket for den drivende enhed er typisk 10-20 kPa; men så snart der skal transporteres læs i størrelsen 1m<sup>3</sup>, stiger marktrykket for tømmervognen til > 20 kPa, hvilket nemt bliver en begrænsende faktor. Desuden forudsætter disse småmaskiner, at føreren går i terrænet og styrer enheden. Begge typer af udstyr er anvendelige på højmossearealer til sammenføring af mindre træer og spredt opvækst - evt. uden brug af en efterspændt enhed. Præstationen er lav, men hvor opvæksten står meget spredt vil udstyret kunne anvendes.



Figur 4. Jernhesten.



Figur 5. Oxen.





Figur 6. ATV med tømmervogn.



Figur 7. Udsæbningssulky til ATV.

ATV-maskinerne findes som 4- eller 6 hjulede køretøjer og i forbindelse med restaureringsopgaver på blødbundsarealer er de primært blevet anvendt som servicekøretøjer til transport af materialer. De anvendte typer bør have træk på 4 eller flere hjul. Trækaksler, transmission og styretøj bør afskærmes med metalplader. For at sikre bedst mulig trækraft bør dæktrykket reduceres til 0,25-0,30 bar.

Det statiske marktryk for maskinerne er typisk 15-20 kPa, men kan ved tvillingmontage bringes ned omkring 10 kPa. Som for de før nævnte maskiner vil der opstå begrænsninger i fremkommeligheden, når der efterspændes udsæbningssulky eller tømmervogn og disse belastes. Marktrykket for en efterspændt tømmervogn med en læsstørrelse på 600 kg vil således være 25-30 kPa, og rullemodstanden i det bløde underlag vil nemt resultere i, at ATV køretøjet stejler. Danske erfaringer med brug af udsæbningssulky til udsæbning af heltræer på mosebund antyder en begrænsning omkring 0,25m<sup>3</sup> i læsstørrelse.

Af engelske undersøgelser fra mosearealer med transportafstand på 100 m fremgår præstationer på 0,5-1,4 m<sup>3</sup>/tim med læsstørrelser på 0,15-0,6 m<sup>3</sup> afhængig af terræn. Med en timepris på 250 kr./tim vil det modsvare en transportomkostning på 180-500 kr./m<sup>3</sup>.

### 3.5 Erfaringer med bæltmaskiner

PistenBully [www.pistenbully.com](http://www.pistenbully.com), Morooka [www.morooka.com](http://www.morooka.com) og Loglogic [www.loglogic.co.uk](http://www.loglogic.co.uk) repræsenterer alle basismaskiner med statisk marktryk på 5-20 kPa og specielt Pistenbully med bæltebredder på >100 cm udmærker sig ved et meget lavt statisk marktryk. De 2 andre fabrikater opererer med bæltebredder på 60-90 cm og dermed et noget højere statisk marktryk.

I praksis kunne man blot forsyne maskinerne med meget brede bælter for at opnå et så lavt statisk marktryk som muligt; men med øget bæltebredde øges også vægten ved brug af stålbelter, og ved brug af gummibælter eller bælter af et syntetisk materiale bliver maskinerne mere sårbar over for stød og ujævnheder i terrænet. Dels risikerer man skader på bælterne, og dels risikerer man at køre bælterne af undervognen.

Bæltmaskinernes store bæreflade giver dem fordele i form af et lavt marktryk; men da styringen foregår ved bremsning af et af bælterne er de ikke særlig manøvredygtige i terrænet, og samtidig er de hårde ved vegetationsunderlaget. Maskinerne har derfor fortrinsvist været anvendt i forbindelse med rydning af genvækst, hvor maskinerne



Figur 8. Flishøster under omlæsning.



Figur 9. »Flisblæser«.

monteret med grenknuser eller slagleaggregat har kunnet køre i lange lige skår igennem et blødbundsareal.

Såfremt man forsyner maskinerne med flishugger, kran og fliskasse vil det være muligt at anvende dem til egentlige rydningsopgaver. Både Morooka og Loglogic har bygget sådanne løsninger; men det medfører, at det statiske marktryk øges til 25-35 kPa afhængig af kapaciteten (vægten) på det monterede udstyr. Dermed reduceres maskinernes oprindelige fordel i form af et lavt marktryk og samtidig opstår de traditionelle logistiske problemer omkring flistransport.

Loglogic firmaet har i forbindelse med »The Great Fen Project« forsøgt at løse dette problem ved at transportere flis og afslået materiale pneumatisk. Der er således udviklet dels en høstmaskine med transportkasse til brug for slåning/flishugning og dels en »flisblæser« til videretransport af det afslåede materiale.

Høstmaskinen findes i to udgaver på forskellige basismaskiner med slagleaggregat eller bjælkeklipper og opsamling i 6 m<sup>3</sup> eller 11 m<sup>3</sup> transportkasse.

»Blæserenheden« fungerer som en »stationær frakører« og placeres centralt i forhold til arbejdsområdet. Den består af en Loglogic bæltedrevet undervogn med lad og mandeandordning samt en stor kompressor, der leverer 40 m<sup>3</sup> luft i minuttet.

Når høstmaskinen har fyldt transportkassen, tømmes materialet over i blæserenheden, hvorfra den blæses via et 150 mm tykt fleksibelt rør til en container ved bilfast vej. Ifølge producenten af systemet, kan materialet blæses over afstande på 700-800 m. Kapaciteten falder dog med afstanden, således er den ca. 10 ton i timen ved 100 m faldende til ca. 3 ton i timen ved 700 m. Såfremt der er behov for yderligere transport, kan der blot indskydes yderligere en blæserenhed i systemet.

Systemet har været anvendt med en mindre manuelt fødet flishugger på høstmaskinen og omlæsning til »flisblæseren«, hvorved man opnåede reduceret kørsel på arealet og hævede den tekniske udnyttelsesgrad for høstmaskinen.

Systemet er interessant; men desværre meget dyrt i brug pga. opstillingsomkostninger og brændstofforbrug til blæserenheden.

Morooka MST-serien af maskiner er oprindelig bygget som dumpere til entreprenørbrug og er derfor de kraftigste af de 3 nævnte fabrikater af bæltmaskiner. Lastekapaciteten i serien går fra 2,5 ton til 15,5 ton, og det er derfor naturligt, at de hidtidige opbygninger med flishugger og flisfrakører har benyttet Morooka som basismaskine.



Figur 10. Alstor 8x8 ved siden af stor udkørselstraktor. Figur 11. Terri 2000 udkørselstraktor.

Kendte opbygninger er Morooka MST 2200 med en Bruks flishugger og et statisk marktryk omkring 34 kPa med læs samt en flisfrakører opbygget på en MST 800 med en 10 m<sup>3</sup> fliskasse og et statisk marktryk omkring 28 kPa med fuldt læs. HedeDan-mark arbejder pt. med et lavbunds-koncept af maskiner, som inkluderer Morooka maskiner i MST-serien.

PistenBully maskinerne er oprindeligt bygget til at køre på et underlag af sne. Producenten Kässbohrer har imidlertid udviklet konceptet til også at omfatte en række opgaver på blødbundsarealer. Der er primært tale om slåning og evt. knusning af genvækst, hvor maskinen med sine brede bælter og lave statiske marktryk er særdeles velegnet – se afsnit 4.2.

### 3.6 Erfaringer med små udkørselstraktorer

Små udkørselstraktorer er mere terrængående og har større læskapacitet end ATV-maskiner med efterspændt tømmervogn. Det skyldes primært, at de har drev på vognen, ofte har dobbeltbogier og lidt større hjul. Uden læs ligger det statiske marktryk på 10-20 kPa og med læsstørrelser på op til 1,5 ton vil de fleste holde sig under 30 kPa i statisk marktryk. Lasteevnen er 2-3 ton; men ved 80-90 % udnyttelse af læskapaciteten overstiger det statiske marktryk for alle maskinerne 40kPa.

De bæltedrevne maskiner som Terri ([www.terri.se](http://www.terri.se)) har typisk lavere marktryk og større læskapacitet end de 8 hjulede som Alstor ([www.alstor.se](http://www.alstor.se)) og Vimek Minimaster ([www.vimek.se](http://www.vimek.se)).

Anvendelsesområdet vil typisk være sammenføring af af heltræer/opvækst til kørespor, idet læsstørrelsen for disse maskiner er en begrænsende faktor. Kun ved små mængder og/eller korte udkørselafstande (< 200 m) bør det overvejes at lade de små udkørselstraktorer foretage hele udkørslen.

### 3.7 Erfaringer med speciel hjuludrustning og gravemaskiner

Engelske erfaringer fremhæver brugen af traditionelt udstyr med speciel hjuludrustning som langt den billigste løsning, hvor der skal transporteres store mængder træ. Evt. bør læsstørrelsen reduceres og såvel danske som engelske erfaringer peger entydigt på, at dette bør ske før der sker »gennemkørsel« på de valgte køreveje. En stabilisering af kørevejen på kritiske steder bør foretages indledende, og såfremt man vil foretage afhentning af flisen med lastbiler på selve mosearealet skal hele kørevejen stabiliseres med køreplader.



Det statiske marktryk for en traditionel udkørselstraktor med læs på 7 ton og en totalvægt på 20,5 ton er 72 kPa, når maskinen er monteret med 600 dæk. Monteres samme maskine med 700 dæk falder det statiske marktryk til ca. 61 kPa eller med ca. 15 %. Monteres samme maskine nu med 800 mm brede bælter vil det statiske marktryk falde til 35 kPa eller ca. 42 % i forhold til 700 dækkene. Det indebærer, at der for samme maskine kan opnås en reduktion i det statiske marktryk på ca. 50 % blot ved at montere bredere dæk og bælter.

En næsten tilsvarende reduktion af det statiske marktryk vil kunne opnås ved at montere tvillingehjul. Tvillingmontagen giver imidlertid problemer i form af ekstra akselbelastning i ujævnt terræn med stød o. lign., når maskinens vægt hviler på det yderste hjul. Svenske og danske erfaringer viser, at det er nødvendigt at montere heavy duty aksler, såfremt man ønsker at anvende tvillingmontage.

Ovenstående beregningseksempler stammer fra det tidligere omtalte ECOWOOD projekt, hvor også betydningen af reduceret læsstørrelse er beregnet. Man skal her være opmærksom på, at en procentuel reduktion i læsstørrelsen ikke afføder en tilsvarende reduktion i det statiske marktryk. Reduktionen i marktrykket skal selvklart beregnes i forhold til maskinens totalvægt.

Da der er tale om det gennemsnitlige beregnede statiske marktryk kan der som nævnt i indledningen være store afvigelser som følge af vægtfordeling på maskinen og dynamiske påvirkninger under arbejdet..

Anvendelsen af gravemaskiner på meget brede bælter har været udbredt i projekter, hvor der var køreveje i moserne. Det statiske marktryk for disse ligger i standardversionerne omkring 50-70kPa og kan ved montage af meget brede bånd halveres. Selv en halvering af det statiske marktryk gør ikke maskinerne egnede til at arbejde i selve mosen, og det vil her være nødvendigt at stabilisere køreunderlaget yderligere f.eks. ved brug af køreplader. – Se afsnit 5.1.

### **3.8 Erfaringer med stabilisering af køreunderlag**

I nogle tidlige erfaringer fra Forestry Commission fra 1991 vedr. kørsel på tørvejorder angives maskintekniske løsninger som valg af 8-hjulede maskiner med dobbeltbogier og reducerede læsstørrelser. Såfremt dette ikke er tilstrækkeligt anbefales bæltmontager og evt. brug af små udkørselstraktorer med læskapacitet på 3,5-7,5 ton ved udkørselsafstande op til 200-300 m. Ved udkørsel ud over denne afstand bevirker den reducerede læskapacitet en så voldsom forøgelse af transportomkostningerne, at man bør undersøge mulighederne for at stabilisere køreunderlaget.

I en undersøgelse fra 2005 blev afprøvet forskellige metoder til forstærkning af køreunderlaget i forbindelse med fjernelse af nåletræsbevoksninger fra et højmosseareal. Da der var tale om restaurering af et højmosseareal var der krav om, at kun 30 % af arealet måtte efterlades med kvasdække, og der måtte ikke importeres sten/grusmaterialer til arealet. Traditionel fiberdug af kunstfibermateriale, som anvendes til vejbygning kunne derfor heller ikke anvendes og blev erstattet med fibermåtter af nedbrydelige biofibre.

I undersøgelsen indgik stabilisering af køreunderlaget med hugstaffald og toppe samt udrulning af halmballer, udlægning af fibermåtter og brug af grov træflis.

Hugstaffaldet blev benyttet i kombination med 2, 4 og 6 lag halm og med forskellige

varianter med træflis og fibermåtter. Desuden blev afprøvet tilførsel af ekstra hugstafald i bundter fra tilstødende bevoksninger.

Efter stabilisering med de forskellige materialer blev der gennemført test med fuldt læssede udkørselsmaskiner på 18-20 ton, og antallet af overkørsler og graden af sporkøring blev registreret. Som reference blev også undersøgt betydningen af at reducere læsstørrelsen.

Konklusionen blev, at brugen af halm til stabilisering var meget effektiv og også langt den billigste måde til at stabilisere køreunderlaget. Brugen af fibermåtter forøgede ikke bæreevnen i kombination med halm; men fordyrede omkostningerne til stabiliseringen voldsomt. Træflis fungerede udmærket; men uden bælter på maskinerne var der en tendens til, at flisen blev skubbet foran dækkene, og desuden var halmen lang billigere at udlægge.

Stabilisering ved tilførsel af bundtet hugstafald fungerede udmærket; men viste sig at være den dyreste metode. Såfremt metoden anvendes, skal der ifølge erfaringerne anvendes friskt hugstafald.

Ved at reducere læsstørrelsen opnåede man at kunne øge antallet af overkørsler 3,5-4 gange og udkøre den dobbelte mængde før sporkøring blev et problem.

Resultatet af undersøgelsen blev, at man benyttede en metode med hugstafald dækket med 6 lag halm til stabilisering af køreunderlaget i forbindelse med rydning af en mose på 350 ha og udkørsel af 30.000 ton tømmer.

Anvendelsen af halm i form af rundballer til stabilisering af køreunderlaget vil med en halmpris på 0,45 kr./kg og 6 lag halm koste ca. 65 kr. pr. 1 meter vej i materialeomkostninger. Totalomkostningen vil være 80-100 kr. pr. 1 meter vej afhængig af transportomkostninger for halmen. Stabilisering af 100 m vej vil kræve 48 rundballer og efter udlægning vil lagtykkelsen være ca. 50 cm.

Der er her tale om en anvendelig metode, som tillader brug af traditionelt skovnings- og transportudstyr, og hvor materialet efterfølgende nedbrydes. Ulempen ved metoden er, at der efterlades meget synlige spor på arealet efter rydningen og samtidig tilføres der næringsstoffer.



Figur 12. Stabilisering af kørevej med halm.

Til sammenligning er omkostningen til udlægning af køreplader ca. 100 kr. pr. 1 meter vej inklusiv efterfølgende optagning. Metoden efterlader ingen spor på arealet, og der tilføres ikke næringsstoffer udefra. – Se afsnit 5.1 om danske løsningsmodeller.

## 4. Erfaringsopsamling vedr. rydning af genvækst

Den følgende erfaringsopsamling fra forskellige udenlandske højmoseprojekter afgrænses til teknisk udstyr og metoder med et maksimalt statisk marktryk på 40 kPa. I den udstrækning det har været muligt og realistisk er medtaget præstationstal og økonomiberegninger for de forskellige metoder og udstyr.

I afsnit 5.2 beskrives nogle danske erfaringer og anvendte maskinopbygninger til forskellige opgaver, og i afsnit 6 bliver givet anbefalinger til løsningsmodeller – afhængig af de opgaver, der skal løses.

### 4.1 Manuelle løsninger

Ved meget spredt opvækst/genvækst har man mange steder valgt manuelt at fjerne stødskud og trække frøplanter op. Det er arbejdskraftkrævende og dyrt. Såfremt materialet ønskes fjernet fra arealet, skal det samles i bundter med henblik på senere udørsel, udslæbning eller evt. flishugning for at opnå en vis kapacitet.

De beskrevne erfaringer med manuel rydning af genvækst angiver et tidsforbrug på 4-10 arbejdsdage pr. hektar svarende til 7.000-16.000 kr./ha. Der anvendes primært motorsav og krattrydder, og det nedskårne materiale efterlades i mosen. Ofte følges metoden op med stødsmøring med Roundup, hvorved omkostningerne vokser til 25.000-30.000 kr./ha på de vanskeligste arealer.

Hollandske erfaringer viser, at nedskæring af stødskud hvert år igennem 3 år får stødene til at dø. Desværre er erfaringerne med gentagne nedskæringer ikke lige positive alle steder. Derimod synes der at være en hæmmende effekt på stødskudsdannelsen, hvis træerne skæres lige under jordoverfladen. Denne teknik anvendes på tørvejorder med brug af hårdmetalkæder på motorsavene.

De varierende erfaringer med bekæmpelse af stødskud kan hænge sammen med nedskæringstidspunktet. Der er generelt enighed om, at det optimale tidspunkt er i det sene forår. Såfremt nedskæringen kombineres med stødsmøring med Roundup, vælger de fleste at vente med nedskæringen til juli-september, som er det optimale tidspunkt for at få effekt af kemien.

Ringning af opvækst og stående træer er afprøvet i flere engelske moser. Prisen er 8.000-12.000 kr./ha og erfaringen er, at der kan gå op til 3 år før større træer dør. I den mellemliggende periode kan behandlingen medføre en øget frøproduktion, som kan give problemer. Enkelte steder har man kombineret ringningen med efterfølgende påføring af Roundup og opnået 80 % udgang allerede første år og stærk svækkelse af de øvrige træer.

Af æstetiske og nogle steder sikkerhedsmæssige årsager har man efterfølgende valgt at

skære de døde træer ned. Metoden bliver således dyr og konklusionen er, at genvækst og frøplanter så vidt muligt bør holdes effektivt nede med en aktiv indsats umiddelbart efter trærydning på et moseareal.

Flere steder nævnes brugen af frivillig arbejdskraft i forbindelse med forskellige arrangementer, hvor publikum trækker frøplanter op og udstyres med håndredskaber til brug på stødskud og mindre træer. Erfaringen er her, at præstationen er begrænset; men den pædagogiske effekt god. Blot skal man i givet fald skal være opmærksom på sikkerhed og ergonomi ved sådanne arrangementer.

## 4.2 Maskinelle løsninger

Afhængig af dimensionen på genvæksten kan der være tale om at skære/klippe opvæksten ned og transportere den ud med en af de tidligere omtalte småmaskiner med marktryk under 30 kPa. For de bæltedrevne køretøjer, som kan forsynes med en kran, og de små udkørselstraktorer er det en mulighed at udstyre kranen med et klippende aggregat.

På et moseområde i England anvendes gravemaskine til optrækning af selvsået birk på 3-4 meters højde. Der er tale om en gravemaskine på brede bælter med et marktryk omkring 35 kPa og en rækkevidde på ca. 7m. Omkostningen ved brug af dette udstyr ansås til 8.000-12.000 kr./ha og med det høje marktryk er terrænfremkommeligheden begrænset. Samtidig fremhæves det som en ulempe i forhold til manuel nedskæring, at mindre opvækst og genvækst ikke fjernes med denne løsning.

For at afhjælpe dette problem udstyres maskinen nu med et aggregat med rundsavsblad med en diameter på 1m ophængt i kranarmen. Dermed vil man i stand til også at nedskære mindre opvækst og genvækst.

Konceptet er interessant; men aggregatet bør nok udskiftes med en hydraulisk drevet grenknuser eller slagleklipper, og samtidig bør gravemaskinens rækkevidde øges og marktrykket reduceres. Et sådant udstyr findes allerede til brug ved rydning af opvækst langs motorveje og på baneskråninger – se figur 13.



Figur 13. Gravemaskine med grenknuser.



Figur 14. PistenBully med grenknuser.



Figur 15. PistenBully med opsamling.

Flishugning på mosearealet med en bæltedrevet flishugger, som efterlader flisen i mosen, har været anvendt flere steder. Det er en dyr løsning; men den fremhæves som væsentlig mere skånsom i forhold til vegetationen end brugen af grenknusere monteret på bæltmaskiner. Flishugning på mosearealet med bæltedrevet flishugger med flis-kasse og omlæsning til flisfrakører på kørevej, har i engelske undersøgelser vist sig meget dyrt. Til sammenligning kunne flisproduktionen udføres for det halve, når opvæksten blev sammenført og flishugget ved kørevej.

Til rydning af græsopvækst og lettere træagtig vegetation har PistenBully forsynet en maskine med slagleklipper og opsamlerkasse – se figur 15. Det opsamlede materiale tippes i container ved kørevej eller omlæsses til en frakører. Det er en mulighed på jævnt terræn, hvor man ønsker det afslåede materiale fjernet. – Som ved flishugning direkte på mosearealet er det en dyr løsning, som indebærer megen kørsel på arealet.

### 4.3 Kemiske løsninger

I flere lande anvendes stødsmøring med Roundup umiddelbart efter fældning og tilsvarende bredsprøjtning med Roundup, Krenite eller Amcide mod efterfølgende opvækst.

For at reducere forbruget af Roundup i forhold til bredsprøjtning er man flere steder gået over til brugen af weed-wiper eller påføring med væge i form af et gennemvædet klæde (carpet wipers), der trækkes hen over opvæksten.

Effekten af brugen af kemikalier på stød < 2 cm i diameter har været dårlig; men ellers er der opnået effekt på 60-90 % af den behandlede opvækst. Ulempen har været, at en del af mosens øvrige flora også blev berørt af kemikalierne. Omkostningerne ved kemibehandlingerne varierer afhængig af metode og opvækst fra 3.000-6.000 kr./ha.

I flere kilder angives betænkeligheder ved brugen af kemi på arealerne og der henvises til kommende restriktioner, som vil forbyde brugen. – I Danmark er dette allerede sket, hvorfor metoden ikke er aktuel.

### 4.4 Afgræsning

Erfaringerne med afgræsning er generelt gode; men det kan ofte være vanskeligt at få en tilstrækkelig pleje af arealet udelukkende ved afgræsning. Det kræver, at græsningstrykket afpasses til vegetationsmængden på arealet og den varierer med årstiden. Des-





Figur 16. Udlægning af køreplader i mosen.



Figur 17. Sammenføring af træer til kørevej.

uden vil der ofte være arealer, hvor dyrene ikke kommer, fordi der er for fugtigt. Derfor vil det ofte være nødvendigt at kombinere græsning med andre tiltag.

Afgræsning af mosearealer bør ske i sammenhæng med højbundsarealer uden for mosen, så der sikres tørre hvilepladser for dyrene. En stor del af gødningsafsætningen sker i forbindelse med hvilepladserne, og derfor vil højbundsarealerne sikre moserne mod en netto næringstilførsel og massiv optrampning. Der skal være adgang til såvel vand som mineraler på højbundsarealerne.

## 5. Danske løsningsmodeller

### 5.1 Førstegangstrydning

I forbindelse med førstegangstrydning af træopvækst på mosearealer, har HedeDanmark udviklet en metode med anvendelse af køreplader og gravemaskine med forlænget arm. Metoden blev første gang anvendt i forbindelse med trydning af Søgård mose for birkeopvækst og er siden blevet anvendt på en række mose- og blødbundsarealer i lidt forskellige udgaver.

Princippet er, at træerne fældes/nedskæres motormanuelt. Derefter foretager en gravemaskine med forlænget gravearm sammenføring af heltræer med henblik på efterfølgende flishugning. Gravemaskinen bevæger sig rundt på mosearealet på en ø bestående af 6-7 køreplader. Maskinen er forsynet med en speciel krog, hvormed føreren nemt kan gribe de bagvedliggende plader og lægge dem foran maskinen for på den måde at skabe en vej gennem mosen og foretage sammenføring af de fældede træer. De an-



Figur 18. Flishugning på pladevej.



Figur 19. »Containerø« af køreplader.

vendte gravemaskiner vejer afhængig af den ønskede rækkevidde (10-28m) mellem 30 ton og 50 ton. Med den anvendte metode og anvendelse af køreplader (6m x 2m) bliver det beregnede statiske marktryk ca. 15-20 kPa forudsat maskinvægten fordeles på 2 køreplader.

Metoden kræver grundig rekognoscering af arealet forud for arbejdets begyndelse med henblik på indlæggelse af køreveje til udtransport af effekter, heltræer eller flis – afhængig af den valgte oparbejdningsmetode. Kørevejene indlægges med en indbyrdes afstand på 40-100 m afhængig af terrænets bæreevne, mængden af træopvækst og eksisterende spor i mosen. Kørevejene stabiliseres ved udlægning af køreplader, som efterfølgende fjernes.

Den indledende rekognoscering suppleres med de iagttagelser, som medarbejderne, der foretager den motormanuelle nedskæring, løbende gør under arbejdet. Erfaringerne hermed er, at det efterfølgende kan være nødvendigt at justere på forløbet af kørevejene som en følge af manglende bæreevne i terrænet. Den motormanuelle fældning har således en dobbelt funktion, og det er vurderingen, at den kun på helt uproblematisk arealer vil kunne erstattes af mekaniseret fældning.

Under gravemaskinens arbejde med sammenføring af fældede træer, vil der med store afstande mellem kørevejene være behov for at håndtere de samme træer flere gange. Specielt ved småtdimensioneret træopvækst er denne håndtering meget tidskrævende, og der er derfor udviklet en speciel bundtegeaffel, som er påsvejet en af de køreplader, som gravemaskinen har med sig under arbejdet. I bundtegeaffen bundtes det småtdimensionerede træ vha. spændestropper og kan nu håndteres som store risfaskiner på ca. 4 meters længde og med en diameter på 1,0-1,5m. Ved denne bundtning spares megen tid, specielt hvor der er tale om spredt småtdimensioneret opvækst på arealet.

Efter sammenføring af heltræer/opvækst ved kørevejene bliver materialet enten kørt ud fra mosearealet til efterfølgende flishugning ved bilfast vej, eller der foretages flishugning med mobil flishugger på den etablerede kørevej. I sidstnævnte tilfælde etableres »containerører« vha. køreplader på arealet. Den sidemadede flishugger fylder så containerne, som afhentes i takt med flishugningen – fuldstændig som ved den traditionelle logistik i forbindelse med flishugning. Lastbilerne kører på den etablerede pladevej ud i mosen og afsætter/afhenter containere.

Til brug ved servicering af såvel maskiner som skovarbejdere har været anvendt ATV-maskiner med lad. Evt. kan anvendes et af de tidligere omtalte amfibiekøretøjer på arealer med meget dårlig bæreevne.



Figur 20. Pladevej til lastbiltransport.



Figur 21. Kørevej efter fjernelse af køreplader.

Erfaringerne med den beskrevne metode har været gode og efter fjernelse af kørepladerne er det næppe synligt, at der har været kørt i mosen. Samme koncept har været anvendt med en mindre gravemaskine og køreplader i plastmaterialer i forbindelse med lukning af grøfter på et højmosseareal - se figur 22.

Belært af erfaringerne fra de hidtidige projekter skal fremhæves, at ved udkørsel af heltræer bør træerne transporteres helt til bilfast vej og ikke blot til kanten af mosen, da vejrlig og føre senere kan vanskeliggøre/fordyre den efterfølgende flishugning. Desuden bør gravemaskinen, som arbejder i mosen med sammenføring af heltræer/opvækst »overnatte« på køreveje med god bæreevne, da man ellers risikerer, at den synker i løbet af natten. Endelig bør man sikre sig rutinerede førere af containerbilerne, hvor der skal køres på pladeveje i mosen.

Med baggrund i de indhøstede erfaringer arbejder HedeDanmark med udvikling af et lavbundskoncept med udgangspunkt i en gravemaskine med et nyudviklet fældeaggregat monteret på en 10 m kranarm. Efterfølgende flishugning og frakørsel af flis skal foretages med specialopbygninger på bæltmaskiner.

Konceptet er endnu under udvikling; men forekommer umiddelbart at være interessant på jorder med en bæreevne på  $> 25$  kPa.

## 5.2 Rydning af genvækst

Når arealet er ryddet for træagtig opvækst er det både i henhold til de danske og udenlandske erfaringer vigtigt at foretage en hurtig og effektiv opfølgning for at bekæmpe genvækst og frøspiring på den blotlagte overflade. Indsatsen kan foretages manuelt eller mekaniseres. I en række af de udenlandske erfaringer indgår brugen af kemi umiddelbart efter en førstegangrydning. Dette er ikke muligt under danske forhold, og det kan derfor være aktuelt, at mekanisere rydningen af genvækst og frøplanter, hvor denne er meget massiv.

Erfaringerne er, at genvækst og opvækst bør behandles i det tidlige forår – sidst i april. Hvor opvæksten har fået lov at stå i nogle år og har dannet småtræer på 10-15 cm i diameter har man forsøgt sig med forskellige nedskæringshøjder op til 75 cm for at



Figur 22. Mindre gravemaskine på køreplader af plastmaterialer.



undersøge, om det påvirker den efterfølgende stødskudsdannelse. Der er pt. ikke nogen entydig afklaring; men de høje stød virker skæmmende på arealet og hæmmer fremkommeligheden. Desuden synes der at være en tendens til, at de høje stød fremmer en vanrisdannelse ved basis af stammen.

De anvendte redskaber ved manuel rydning af genvækst har været håndøkser i forskellige udgaver samt motorsav og krattrydder. Der har været forsøgt tilpasning af forskellige hakker og afkvistningsspader samt afkortning/slibning af drænsplader. Af ergonomiske årsager er de tungeste af redskaberne opgivet igen, idet de påfører arme, skuldre og håndled en voldsom belastning. Gode erfaringer foreligger med anvendelsen af en dobbeltbladet kasteøkse; men ellers er det primært lette motorsave og krattryddere, der anvendes. Ved brug af krattryddere har man samme gode erfaringer som hollænderne med at skære opvæksten lige under jordoverfladen, idet det tilsyneladende hæmmer genvæksten.

Omkostningerne ved manuel rydning svinger fra 4.500 kr. til ca. 10.000 kr./ha. Generelt er de første rydninger de dyreste; men det er erfaringen, at en intensiv indsats de første år kan være besparende i længden. Flere steder overvejer man således at foretage bekæmpelse af stødskud 2 gange pr. år de første år.

Brugen af frivillig arbejdskraft i forbindelse med arrangementer som »Skovens Dag« eller lignende har været anvendt et par steder. Det kræver grundig forberedelse omkring de sikkerhedsmæssige forhold og erfaringen er, at de frivilliges indsats med håndredskaber bør kombineres med en skovarbejder med motorsav. PR-værdien samt den pædagogiske effekt af sådanne tiltag berettes at være stor. Præstationen er et enkelt sted opgjort til rydning af 1 ha på en dag med indsats fra 30 frivillige og 1 skovarbejder.

Afgræsning med primitive fåreracer fungerer udmærket, men skal suppleres med andre tiltag i vanskelige områder. Desuden er meldingen, at får er en mangelvare, og at en indsats med dyr bør ske på entreprenørbasis.

Entreprenørgræsning praktiseres flere steder i landet i forbindelse med naturplejeprojekter. Ved entreprenørgræsning indgås typisk aftaler, hvor dyreholderen betales for at afgræsse et vist område med henblik på bekæmpelse af en bestemt vegetation. På højmoser vil får eller geder kunne anvendes til en form for kratrydning med henblik på at undgå tilgroning og bekæmpe stødskud fra fjernet træopvækst.

Omkostningerne ved entreprenørgræsning varierer meget med arealernes beskaffenhed og geografiske placering i landet. Groft kan det anslås, at hvor afgræsningen foregår på basis af et vist antal får, bliver der betalt 300-600 kr./får/sæson. Hvor afgræsningen



Figur 23. Areal med stødskud før grenknusning.



Figur 24. Samme areal efter grenknusning.

foregår på hektar basis bliver betalt 0-3.800 kr./ha. På enkelte arealer, hvor der udføres meget specifik pleje med tilstandskrav efter behandling, betales op til 10.000 kr./ha.

Generelt er der i forbindelse med entreprenørgræsning behov for at udarbejde enkle og præcise kontrakter for arealet, hvor de praktiske forhold vedr. økonomi, hegn, tilsyn, publikums færden og evt. informationstavler indgår. Det bør tilstræbes at udarbejde langsigtede og varige aftaler med henblik på at sikre kontinuiteten i plejearbejdet og give dyreholderen mulighed for at planlægge sit dyrehold.

Mekaniseret rydning af genvækst praktiseres flere steder på lavbundsarealer og er på forsøgsbasis afprøvet på nogle mosearealer.

På plant terræn i lavbundsarealer blev i efteråret 2007 demonstreret forskellige løsningsmodeller til rydning af genvækst. Demonstrationerne foregik dels i Møgelmosen ved Vejle med en grenknuser monteret på en PistenBully og dels ved Gravlev Sø med forskellige slåmaskiner monteret på 3 forskellige redskabsbærere.

Arealerne var meget jævne og uden stød efter forudgående fældning af træagtig vegetation.

I Møgelmosen blev vist en PistenBully med Ahwi grenknuser. Maskinen havde med 105 cm brede bælter et statisk marktryk omkring 10 kPa og knuseren havde en arbejdsbredde på 2,8 m. Den kraftige knuser var i stand til at knuse både stød og vedagtig vegetation og udførte et glimrende arbejde. Senere har den været indsat på et ryddet areal i Svanemosen med mange friske stød og det kan konstateres, at maskinen er velegnet til denne type opgaver. De frygtede problemer omkring afkøring af bælter forekom ikke og specielt, hvis maskinen har lange lige kørestrækninger til rådighed, synes det ikke at være noget problem. Maskinen kan også udstyres med en slagleklipper til brug på lavbundsarealer med græsagtig vegetation. Såfremt vegetationen ønskes opsamlet og transporteret bort fra arealet, findes der også en udgave med en 12 m<sup>3</sup> transportkasse. Denne løsning reducerer maskinens præstation og øger dermed også omkostningerne pr. arealenhed.

Timeprisen for PistenBully med grenknuser er angivet til 1500 kr./tim, og præstationen varierer afhængig af terræn og vegetation mellem 1-2 ha/dag. På højmosearaler med mange stød vil omkostningerne til den første rydning af genvækst og stød således kunne beløbe sig til 6.000-12.000 kr./ha, hvorimod de efterfølgende behandlinger må antages at blive væsentligt billigere.



Figur 25. PistenBully med slagleklipper.



Figur 26. Honda 680 med rotorklipper.

På arealet ved Gravlev Sø blev vist en Seiga med rotorklipper samt en ATV Honda 680 med en efterhængt rotorklipper.. PistenBully blev vist på samme areal monteret med en slagleklipper.

Den viste Seiga var en ombygget 4-hjulet rørhøster forsynet med en kraftig dieselmotor til at trække rotorklipperen.. Marktrykket for udstyret var omkring 15 kPa og kapaciteten med den 3 m brede klipper omkring 1 ha/tim på arealer med siv og tagrør. Seigaen findes også i en 6-hjulet udgave med væsentligt lavere marktryk.

Den viste Honda havde tvillingmontage på baghjulene og rotorklipperen var forsynet med ekstra brede dæk for at reducere marktrykket. Marktrykket var omkring 15k PA og præstationen med den 1,5 m brede klipper omkring 0,5 ha/tim.

Rotorklipperne klarede træagtig vegetation på 5-8 cm's tykkelse og konklusionen for begge var, at de er velegnede på lavbundsarealer med siv, tagrør og mindre træagtig vegetation

PistenBully med en slagleklipper på 2,8 m i bredden havde et statisk marktryk på ca. 10 kPa og en anslået præstation på 0,5-1.0 ha/tim. Den reducerede præstation i forhold til Seiga maskinen skyldes en reduceret fremkørselshastighed i høj vegetation med store mængder for slagleklippere.

Arbejdsprincippet i slagleklippere bevirker, at afklippet materiale sønderdeles kraftigt men medfører også et 20-50 % højere effektforbrug pr. meter arbejdsbredde end for rotorklippere.

Omkostningerne til slåning af denne type arealer med spredt træagtig vegetation anslås at ligge omkring 1000-1500 kr./ha, og alle maskiner synes velegnede dog med det forbehold, at på arealer med meget træagtig vegetation > 5 cm vil rotorklipperne ikke være egnede.

Rotorklippere giver generelt et renere snit end slagleklippere. Såfremt man derfor ønsker at hæmme vegetationen på arealet kan det være en fordel at anvende en slagleklipper, som efterlader lange flossede snitflader, der giver større væsketab og øget risiko for svampeangreb.



Figur 27. Seiga med rotorklipper.



Figur 28. Seiga med slagleklipper og opsamler.

## 6. anbefalinger

### 6.1 Førstegangstrydning

Som udgangspunkt for valg af det bedst egnede udstyr må man se på bæreevnen i det pågældende moseareal, transportafstanden og eksisterende køreveje. Desuden spiller vegetationens sårbarhed også ind på valget af metode.

Generelt bør det statiske marktryk for de valgte maskinløsninger ikke overstige 40 kPa ved færdsel på eksisterende køreveje i moseområder og vådområder. Uden for kørevejene i mosen bør tilstræbes et statisk marktryk på  $< 20$  kPa.

På baggrund af litteraturundersøgelser fra udenlandske projekter og danske erfaringer kan opstilles følgende anbefalinger:

#### **Rydning af spredt opvækst på mosearealer:**

- Motormanuel nedskæring med henblik på samtidig rekognoscering af terrænet i tilfælde af tørvegrave eller andre problemområder. Som servicekøretøj for den manuelle nedskæring kan evt. anvendes mindre amfibiekøretøjer som Argo eller Scot-Trac med marktryk  $< 10$  kPa.

- *Sammenføring* til kørevej af den nedskårne opvækst foretages med mindre udkørsels-traktor på bælter eller evt. bæltmaskine med kran. Læsstørrelsen skal afpasses til underlagets bæreevne og det statiske marktryk bør ikke overstige 30 kPa. På uproblematisk arealer, som ikke kræver forudgående rekognoscering, kan man overveje at udstyre kranen med et lille klippende fældeaggregat.

- *Udkørsel* til flishugger ved bilfast vej bør af økonomiske årsager ske med traditionel udkørselstraktor forsynet med bælter for at minimere marktrykket. Evt. bør læsstørrelsen reduceres og såvel danske som engelske erfaringer peger entydigt på, at dette bør ske før der sker »gennemkørsel« på de valgte køreveje. En stabilisering af kørevejen på kritiske steder bør foretages indledende, og såfremt man vil foretage flisning og afhentning af flisen med lastbiler på selve mosearealet skal hele kørevejen stabiliseres med køreplader.

#### **Rydning af tætte bevoksninger på mosearealer:**

- *Mekaniseret fældning* og sammenføring til kørespor med skovningsmaskine på bælter fra kørespor. Kun i de færreste tilfælde vil en traditionel skovningsmaskine have tilstrækkelig rækkevidde, og man kan her overveje at udskifte basismaskinen med en gravemaskine med lang arm med fældehoved og lade gravemaskinen bevæge sig på køreplader, som medbringes successivt.

Ovenstående løsninger baserer sig på totaltrydning af ensartede bevoksninger, hvor heltræerne efterfølgende transporteres ud af mosen med en udkørselstraktor.

- *Motormanuel fældning* bør anvendes, hvor afstanden mellem køreveje med tilstrækkelig bæreevne overstiger 30-40 m eller bevoksningen er meget uhomogen i relation til træart og diameter.

- *Sammenføringen* til kørevej af de fældede træer kan ske med en gravemaskine med forlænget arm.



Gravemaskinen bevæger sig rundt på mosearealet på en ø bestående af 6-7 køreplader. Maskinen forsynes med en speciel krog, hvormed føreren nemt kan gribe de bagvedliggende plader og lægge dem foran maskinen, for på den måde at skabe en vej gennem mosen og foretage sammenføring af de fældede træer. Med den anvendte metode og anvendelse af køreplader (6m x 2m) bliver det beregnede statiske marktryk ca. 15-20 kPa forudsat maskinvægten fordeles på 2 køreplader. – Se yderligere beskrivelse af metoden i afsnit 5.1.

- *Udkørsel* til flishugger ved bilfast vej bør af økonomiske årsager ske med traditionel udkørselstraktor forsynet med bælter for at minimere marktrykket. Evt. bør læsstørrelsen reduceres og såvel danske som engelske erfaringer peger entydigt på, at dette bør ske før der sker »gennemkørsel« på de valgte køreveje. En stabilisering af kørevejen på kritiske steder bør foretages indledende f.eks. med brug af køreplader eller evt. halm. – Se afsnit 3.8.

- *Flishugning* bør foretages ved bilfast vej af flishugger med stor kapacitet for at opnå den bedst mulige logistik og dermed økonomi. Såfremt der er store mængder træ på mosearealet kan man overveje, at lade træet flishugge på arealet langs kørevejene og etablere »containerøer«. – Se yderligere beskrivelse i afsnit 5.1. Denne løsning kræver, at kørevejene på mosearealet stabiliseres med køreplader og omkostningerne herved skal nøje overvejes i forhold til flishugning ved bilfast vej.

Som nævnt indledningsvist er det ikke muligt eller realistisk at opstille egentlige præstationstal eller økonomiberegninger for de forskellige metoder og udstyr, da terrænforhold, bevoksning og trævolumen har varieret meget på de undersøgte arealer.

De ovenfor nævnte løsninger må ifølge litteraturen og de danske erfaringer antages, at være blandt de billigste på arealer med en bæreevne >10 kPa. Blandt de dyreste er løsninger med brug af helikoptere og systemer, hvor man benytter sig af terrængående flishuggere monteret på bæltmaskiner med lavt marktryk.

På arealer med bæreevne < 10kPa kan det under danske forhold være aktuelt at forsøge med kabelkraner. De har i den senere tid været under udvikling med henblik på at reducere tidsforbruget til opstilling og forbedre effektiviteten. Med henblik på at undersøge mulighederne for anvendelse af kabelkransystemer i særligt vanskelige eller sårbare områder, bør disse afprøves i samarbejde med et par producenter. Derved kan opnås et dansk erfaringsgrundlag med disse systemer og evt. muligheden for at uddanne mandskab i brugen af kabelkraner.

## 6.2 Rydning af genvækst

Når arealet er ryddet for træagtig opvækst er det vigtigt at foretage en hurtig og effektiv opfølgning for at bekæmpe genvækst og frøspiring på den blotlagte overflade. Opfølgningen kan foretages manuelt eller mekaniseres, hvor genvæksten er massiv. Afgræsning kan anvendes, hvis der er tilstrækkeligt fødeunderlag. Indsatsen bør igangsættes i det tidlige forår til sidst i april.

- *Manuel indsats* med håndredskaber, motorsav eller krattrydder er billigt i relation til investering og er skånsomt i forhold til vegetationen. Til gengæld er det arbejdskraftintensivt og bliver dermed nemt dyrt i forhold til mekaniserede løsninger. Hvor opvæksten/genvæksten ikke er massiv kan det være en løsning, som dog hele tiden omkostningsmæssigt bør afvejes mod en mekaniseret indsats.

Evt. kan indsatsen kombineres, således at rydning af en massiv genvækst de første år klares mekaniseret og derefter anvendes manuelle metoder.

- *Afgræsning* bør anvendes på egnede arealer, hvor der kan etableres entreprenørgræsning. Det er vigtigt, at der udarbejdes enkle og præcise entreprenørkontrakter for arealerne. Så vidt muligt bør tilstræbes langsigtede og varige aftaler med henblik på at sikre kontinuiteten i plejearbejdet og give dyreholderen mulighed for at planlægge sit dyrehold.

- *Mekaniseret indsats* bør, hvor der er mange stød med stødsrud foretages med en grenknuser monteret på en bæltmaskine med lavt marktryk. Evt. kan anvendes en grenknuser monteret på en gravemaskine, der bevæger sig rundt på arealet på en ø af køreplader. Sidstnævnte metode er endnu ikke afprøvet; men kan være en løsning på arealer med sårbar vegetation, hvor man ikke ønsker en fuldbearbejdning af arealet.

På plant terræn med buskagtig vegetation <5 cm i diameter kan rydningen foretages med rotorklippere monteret på eller bugseret af maskiner med lavt marktryk (<20kPa). Hvor vegetationen bliver kraftigere bør anvendes slagleklipper monteret på bælte køretøj eller evt. gravemaskine.

Det er vigtigt med en effektiv indsats de første år efter trærydning på mosearealerne, derefter kan man styre udviklingen med reduceret indsats af en af ovennævnte metoder eller evt. en kombination af disse.



## 7. Litteraturhenvising

*Tiernan, D., Owende, P.M.O., Kanali, C.L., Spinelli, R., Lyons, J., Ward, S.M. (2002):*  
Selection and Operation of Cable Systems on Sensitive Forest Sites. ECOWOOD  
Project URL: [www.ucd.ie/~foresteng](http://www.ucd.ie/~foresteng)

*Spencer, J.B. (1991):*  
Soft ground harvesting methods to minimise site damage. Technical Development  
Report 35/91. Forestry Commission, Ae.

*Saunders, C.J (2006):*  
Cableway Extraction.-Technical Development Report 200A/12/05. Forest Ma-  
nagement Division, Forest Research . April 2006.

*The Iron Horse (2001):*  
Information Note ODW 8.02. Technical Development Branch. Forestry ommission.

*ATC Loading Arch Trailer/Forwarder/Timber Sulky (2002):*  
Information Note ODW 9.02, 9.03 and 9.04. Technical Development Branch. Fo-  
restry Commission.

*Saunders, C.J & Duncan (2005):*  
Extraction Route Trials on Sensitive Sites. Technical Note. Forestry Commission.  
[www.forestry.gov.uk](http://www.forestry.gov.uk)

*Wang, Jingxin, Grushhecky, Shawn T., McNeel Joe (2005):*  
Production analysis of helicopter logging in Virginia. Forest Products Journal 01-  
dec.2005.

*Johnson, Johan, Larsson, Urban (1998):*  
Småskotare. Småskogsnytt 1/98.

*English Nature Research Report No.407:*  
»Management of water and trees on raised bogs«. Papers and transcripts from a  
lowland peatland workshop held at Hanmer, 10-12 June 1997.

*English Nature (2003):*  
»Proceedings of the Risley Moss Bog Restoration Workshop 26-27 February  
2003«. 67s.

*Frederiksson, Hans (2002):*  
Storskalig sommarskörd av vass – Energiåtgång, kostnader och flöden av väkst-  
näring för system med skörd och efterföljande behandling. Examensarbete, Insti-  
tutionsmeddelande 2002:01. Institutionen för Lantbruksteknik. Sveriges Lant-  
bruksuniversitet.

*Dr.Guglhör, Wolf (1994):*  
Rücken von Sturmholz mit Kettenfahrzeugen auf Weichböden. Bayerischen  
Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF). AFZ 2/1994.

*Buttenschøn, R.M. (2007):*  
Græsning og høslæt i naturplejen. Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen og  
Center for Skov, Landskab og Planlægning, Københavns Universitet, Hørsholm,  
2007. 250 s. ill.

## Arbejdsrapporter Skov & Landskab

- Nr. 1 · 2004 Etablering af løvtræ på marginale landbrugsjorder
- Nr. 2 · 2004 Sekventiel udbringning af gødning til nordmannsgran juletræer
- Nr. 3 · 2004 Metroens effekt på ansattes transportadfærd
- Nr. 4 · 2004 Æstetisk sansning og naturvidenskabelig naturforståelse
- Nr. 5 · 2004 Data om friluftsliv og turisme i regionplanlægningen og amternes forvaltning
- Nr. 6 · 2005 Status og anbefalinger for friluftsliv i forbindelse med Nationalpark Nordsjælland
- Nr. 7 · 2005 Recirkulering af aske i skove
- Nr. 8 · 2005 Biomasse til energiformål
- Nr. 9 · 2005 Forsøg på bekæmpelse af Blåtop på Randbøl Hede
- Nr. 10 · 2005 Kommunale udbud af grønne driftsopgaver 1997-2003
- Nr. 11 · 2005 Genetablering af skov på stormfaldsarealer ved naturlig foryngelse
- Nr. 12 · 2005 Vorsø Skov VI
- Nr. 13 · 2005 Skærmstilling og underbeplantning af rødgran i Gludsted Plantage
- Nr. 14 · 2005 Værdisætning af de danske lyngheder
- Nr. 15 · 2005 Pesticidfri vejdrift – Forsøg på hellearealer
- Nr. 16 · 2005 Pesticidfri vejdrift – Forsøg med cykelstikanter
- Nr. 17 · 2005 Pesticidfri vejdrift – Forsøg langs kantsten
- Nr. 18 · 2005 Pesticidfri vejdrift – Forsøg i nødspor på den sønderjyske motorvej
- Nr. 19 · 2007 Brugerundersøgelse for Skov & Landskab 2007
- Nr. 20 · 2005 Landskabskaraktermetoden – et kompendium
- Nr. 21 · 2005 Kommuners og pendlerregioners sårbarhed over for outsourcing
- Nr. 22 · 2005 Nummeret er udgået
- Nr. 23 · 2005 ESPON og NERP i Danmark
- Nr. 24 · 2006 Vegetationsudvikling og nitratudvaskning ved ændret arealanvendelse .....
- Nr. 25 · 2006 Undersøgelse af forskellige dækrodsystemer for bøg og eg ved udplantning i skov
- Nr. 26 · 2006 Udbringning af flisaske i dansk skovbrug – økologiske konsekvenser
- Nr. 27 · 2006 Evaluering af træplantningsmetoder i Københavns Kommune
- Nr. 28 · 2006 Værdisætning af syv mulige nationalparker i Danmark
- Nr. 29 · 2006 Skovforædlingens sløgtsskabssystem – SFS Databasen
- Nr. 30 · 2006 De danske skoves sundhedstilstand 2001
- Nr. 31 · 2006 De danske skoves sundhedstilstand 2002
- Nr. 32 · 2006 De danske skoves sundhedstilstand 2003
- Nr. 33 · 2006 De danske skoves sundhedstilstand 2004
- Nr. 34 · 2006 Nye spilleregler i dansk naturpolitik?
- Nr. 35 · 2007 Brug og udbud af friluftsfaciliteter på Skov- og Naturstyrelsens arealer – en analyse på baggrund af tidligere undersøgelser
- Nr. 36 · 2007 Alternativer til vejsalt som tømiddel i glatførebekæmpelsen
- Nr. 37 · 2007 Dækrodsplantesystemets betydning for rodudvikling i eg og bøg – konsekvenser for træernes stabilitet
- Nr. 38 · 2007 Park & Natur ved starten af ny kommunestruktur
- Nr. 39 · 2007 De danske skoves sundhedstilstand 2005
- Nr. 40 · 2008 Endnu ikke udgivet
- Nr. 41 · 2008 Endnu ikke udgivet
- Nr. 42 · 2008 Planlægningsmodeller til skovdrift med nye administrative rammebetingelser
- Nr. 43 · 2008 Flis og arbejdsmiljø
- Nr. 44 · 2008 Analyse af det bedst egnede eksisterende udstyr til brug for restaureringsopgaver på højmoser
- Nr. 45 · 2008 Driftsstyring på kirkegårde – nøgletal til belysning af kirkegårdenes forvaltning
- Nr. 46 · 2008 Nitratudvaskning fra skovarealer – model til risikovurdering (SkovNitrat)